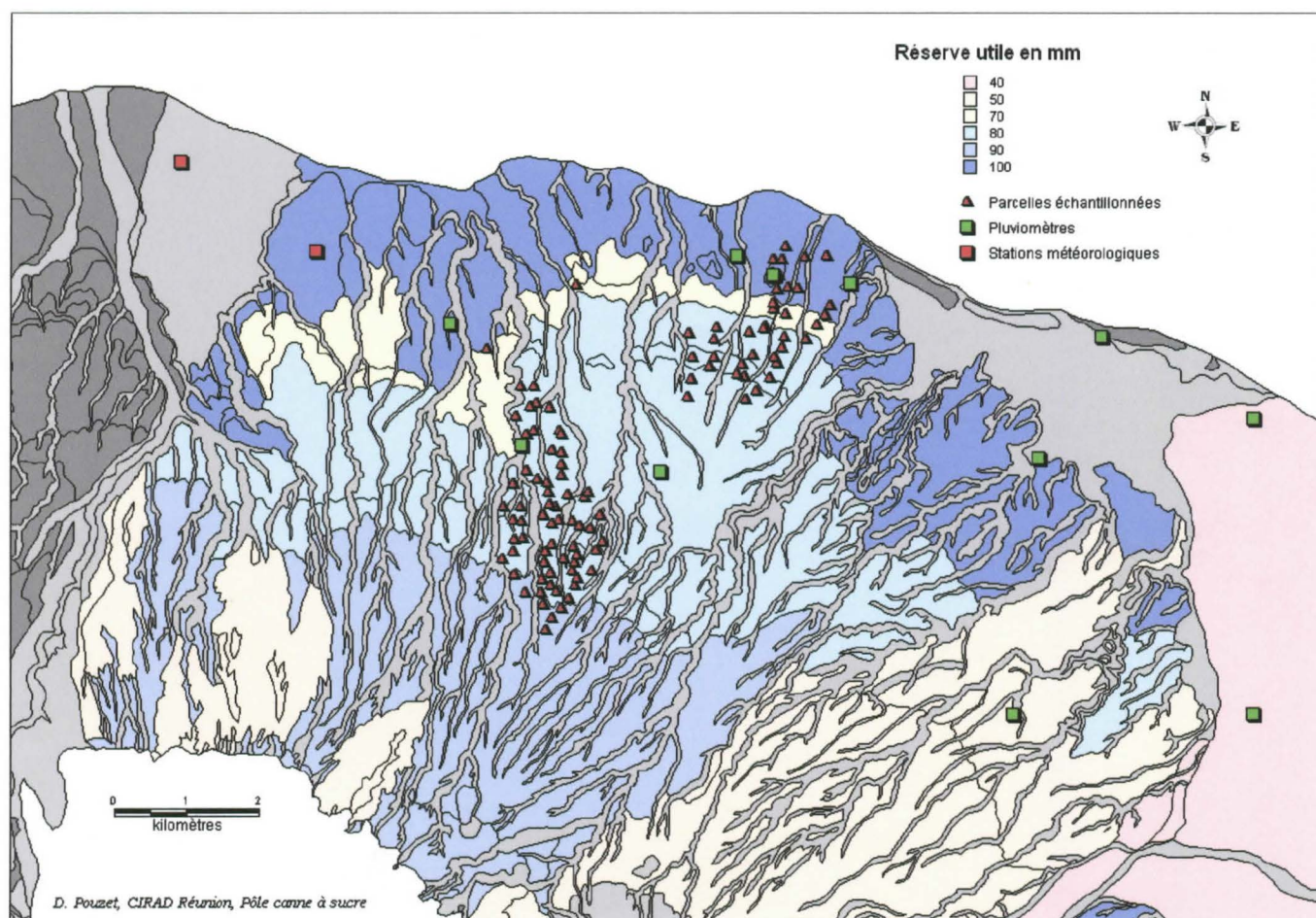


# Evaluation du modèle de croissance de la canne à sucre **MOSICAS** à partir d'exploitations réunionnaises

*D. Pouzet, Ph. Letourmy, A. Velle et J-F. Martiné*

*mai 2004*



*Eléments de simulation du rendement de parcelles d'exploitations du Nord de l'île*

**CIRAD, Pôle Canne à sucre, Saint-Denis de La Réunion**

## TABLE DES MATIERES

<b>TABLE DES MATIERES</b>	<b>2</b>
<b>RESUME</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCTION</b>	<b>4</b>
<b>MATERIEL ET METHODES</b>	<b>4</b>
<b>Le Modèle</b>	<b>4</b>
<b>Les traitements</b>	<b>4</b>
<b>Les entrées du modèle</b>	<b>6</b>
Caractéristiques des traitements	6
Données météorologiques	6
Données sol	7
Fertilité	7
Réserve hydrique	7
<b>Analyse</b>	<b>8</b>
<b>RESULTATS</b>	<b>8</b>
<b>Rendements simulés et observés</b>	<b>8</b>
Données globales	8
Résultats par cultivar	9
Gestion de l'eau	9
<b>Ecart entre les valeurs simulées et observées</b>	<b>10</b>
Effet de la durée du cycle inter récolte	10
Effet de la durée de formation de tige	10
Effet de l'altitude	11
Effet du nombre de repousse	11
Effet du site	12
Effet de l'année de récolte	12
Effet de type de sol	12
<b>DISCUSSIONS</b>	<b>13</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>15</b>



## RESUME

Le modèle de croissance de la canne à sucre MOSICAS, validé pour la variété R570 dans les conditions réunionnaises, a été mis en œuvre pour comparer les productions parcellaires de trois exploitations cannières. Deux d'entre elles sont localisées dans le nord et produisent de la canne à sucre en pluviale, l'une à basse altitude et l'autre avec un gradient d'altitude de 250 m. La troisième exploitation localisée dans le sud cultive la canne à sucre en irrigué. L'étude montre la pertinence du modèle dans son domaine de validation, l'intérêt qu'il peut représenter à terme pour aider au diagnostic agronomique au niveau parcellaire et la nécessité de la valider sur des cultivars autres que le R570.

**Mots clefs** : canne à sucre, modèle de croissance, rendement, richesse, cultivar, potentiel de production, culture pluviale, culture irriguée.



## INTRODUCTION

Le modèle de croissance MOSICAS développé à la réunion (Martiné, 2003) a été calé et validé sur des essais pour simuler le rendement du principal cultivar de canne à sucre de l'île de la Réunion, le R570, dans des conditions variées de production. Nous avons entrepris d'utiliser ce modèle pour comparer les rendements simulés en canne à sucre usinable avec des productions parcellaires observées dans une large gamme de conditions pédoclimatiques et d'itinéraires techniques. La base des données observées constitue une référence pour tester toute évolution future du modèle. Cette étude participe aux travaux entrepris pour évaluer le modèle et pour développer des outils d'aide à la décision destinés aux techniciens du développement.

## MATERIEL ET METHODES

### Le Modèle

La simulation de la biomasse produite, de type dynamique à pas de temps journalier, associe un modèle de bilan hydrique à MOSICAS.

Le modèle de croissance Mosicas est de type classique :

- ❑ Elaboration de l'indice foliaire (température et stress hydrique) ;
- ❑ Interception du rayonnement ;
- ❑ Conversion du rayonnement intercepté en Biomasse totale sèche ;
- ❑ Partition de la biomasse en ses différentes composantes dont le MS de tige usinable et le sucre) ;
- ❑ Détermination de l'humidité des tiges à partir des taux en structures et sucre.

Les stress hydriques agissant sur la croissance et l'accumulation de biomasse dépendent du déficit de saturation en eau de la réserve utile (STOCK/RDU) selon l'équation de Slabbers.

Le modèle de bilan hydrique est de type Pfactor à un compartiment constitué d'une réserve utile (RU) comprenant deux réserves : une réserve difficilement utilisable ( $RDU = p_0 \cdot RU$ ) et une facilement utilisable ( $RFU = RU - RDU$ ). RU dépend des sols et  $p_0$  a été fixé à 0.5. Chaque jour le stock d'eau est calculé de la façon suivante :

- ❑  $STOCK_i = STOCK_{i-1} + P + I - ETR$  (avec  $STOCK \leq RU$ )
- ❑ Si  $STOCK > RFU$  alors  $ETR = ETM$  sinon  $ETR = ETM \cdot STOCK / RDU$  (l'évapotranspiration réelle ETR est fonction du stock d'eau et de ETM) ;
- ❑ L'évapotranspiration maximale  $ETM = K_c \cdot ETP$ . (ETP : évapotranspiration potentielle);
- ❑  $K_c$  est fonction de l'indice foliaire.

Le domaine de validité du modèle est le suivant :

- ❑ Conditions de culture et de calage : Essais sans stress minéraux, enherbement, manques et tassements (récolte manuelle) réalisés à la Réunion.
- ❑ Stress hydriques : faibles à moyens sur le littoral et en altitude
- ❑ Variété : R570
- ❑ Longueur de cycle  $\leq 14$  mois
- ❑ Type de repousses : 1<sup>re</sup> à 3<sup>ème</sup> repousse
- ❑ Altitude Réunion : 40 à 800 m (12-30°C)

### Les traitements

Les traitements sont des rendements observés sur des parcelles de production, un traitement étant associé à un cycle de production entre deux récoltes ou une plantation et la récolte suivante. Les données proviennent de trois exploitations cannières pour lesquelles nous disposons d'un historique de production parcellaire avec le minimum d'informations requis pour lancer la simulation et expliquer les rendements. Deux de ces exploitations, N1



et N2 sont localisées dans le nord de l'île et produisent de la canne à sucre en pluvial. La troisième exploitation, S, localisée dans le sud, est constituée de canne à sucre irriguée à l'ETM. Dans les trois situations, la canne à sucre est produite en monoculture continue. La conduite technique est de bon niveau et les principales contraintes de production (fertilisation, amendement, enherbement, vers blancs) sont bien maîtrisées. Les modalités de récolte sont variées avec une récolte mécanique tronçonnée pour N1 et la partie basse de N2. Dans les hauts, N2 effectue une récolte mécanique canne entière. Pour S, la récolte est parfois manuelle canne entière et parfois mécanique canne tronçonnée avec détournage manuel. Le taux de non canne dans les livraisons est très faible.

Les résultats collectés ont été vérifiés avec l'appui des agriculteurs. Les prélèvements de boutures pour replantation sont pris en compte dans l'estimation des rendements ainsi que les variations de surfaces parcellaires liées aux aménagements fonciers. Les surfaces parcellaires ont été mesurées à l'aide d'un GPS avec correction par satellite (précision décimétrique). Dans tous les cas, il existe une incertitude sur les rendements observés. Celui-ci est estimé à partir des pesées des remorques de livraison des récoltes avec des problèmes liés (a) aux taux variables de non canne directement en rapport avec la modalité de récolte (b) à une incertitude sur les poids de boutures prélevées bien avant la récolte (c) à des transferts de canne d'une parcelle à une autre pour assurer le remplissage de la dernière livraison d'une parcelle. Par ailleurs, les renseignements concernant les cannes plantées sont plus incertains que pour les repousses. En effet, contrairement à la date (ou période) de récolte, la date de plantation n'est pas toujours enregistrée et est connue dans une fourchette de 3 mois (plantation pendant la récolte ou après en début de saison des pluies).

Nous n'avons conservé que les deux cultivars R570 et R579 après élimination de 5 cultivars mal représentés (R574, « Maurice », R578, M165878 et R575) correspondant à un total de 28 récoltes. Les traitements conservés correspondent à 474 rendements observés sur 100 parcelles pour lesquelles nous disposons de 1 à 7 récoltes (tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques de l'échantillon observé

Exploitation	Parcelles				Traitements		
	Nombre	Récoltes	Altitude (m)		R570	R579	Total
			Minimum	Maximum			
N1	31	1997 à 2003	191	477	80	89	169
N2	59	1996 à 2003	41	201	108	134	242
S	10	1996 à 2003	12	20	19	43	62
Total	100	1996 à 2003	12	477	207	266	473

Le tableau fait état de l'implantation progressive du cultivar R579 sur des parcelles traditionnellement cultivées en R570 dans les conditions pédoclimatiques de nos trois exploitations.

Les cycles de récolte observés varient de 244 à 657 jours pour le cultivar R570 et de 282 à 515 jours pour le R579. La distribution montre que la médiane se situe pour les deux cultivars autour de 12 mois de cycle inter-récolte (tableau 2).

Tableau 2 : Répartition des cycles de récolte pour les deux principaux cultivars

Cultivar	Cycle de récolte en mois (age)													Total
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	22	
R579		2	9	60	94	51	18	3	7	8	9	4	1	266
R570	1	5	11	39	80	35	20	4	5	1	1	3	2	207
Total	1	7	20	99	174	86	38	7	12	9	10	7	3	473

Les traitements sont répartis sur 500 m de dénivelé (tableau 3), couvrant approximativement le dénivelé de la zone cannière nord et est de l'île.

Tableau 3 : Répartition des traitements par altitude

Cult.	Classes d'altitude en centaine de m											Total
	[0-0.5]	[0.5-1]	[1-1.5]	[1.5-2]	[2-2.5]	[2.5-3]	[3-3.5]	[3.5-4]	[4-4.5]	[4.5-5]	+ de 5	
R579	26	26	44	11	13	19	19	15	18	14	2	207
R570	43	42	41	24	15	17	34	34	9	7		266
Total	69	68	85	35	28	36	53	49	27	21	2	473



La répartition des numéros de repousses qui correspondent au nombre de récoltes moins une entre deux replantations (numéro 0 pour les cannes plantées) est résumée tableau 4.

Tableau 4 effectif des traitements par numéro de repousse

Cultivar	Numéro de repousse								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
R570	10	36	35	41	39	28	11	5	2
R579	33	67	53	41	33	20	13	5	1
Tout	43	103	88	82	72	48	24	10	3

Les traitements correspondant à une production sans stress hydrique (tableau 5) sont mal représentés dans la base.

Tableau 5 : Répartition des traitements par type de culture

Stress hydrique	R570	R579	Total
Culture pluviale	188	223	411
Culture irriguée	19	43	62
Total	207	266	473

Les rendements observés varient de 45.3 à 224.7 t/ha, avec une moyenne de 107.5 t/ha et un écart type de 29.3 t/ha.

Les entrées du modèle

Les informations nécessaires à la simulation concernent d’une part les données météorologiques et d’autre part les données sols.

Caractéristiques des traitements

En dehors des informations précédemment indiquées concernant le cultivar, l’altitude et l’alimentation hydrique et le nombre de cycles de récoltes, le modèle utilise comme information la date de début de simulation correspondant à la date de plantation ou de coupe précédent la culture et la date de fin de simulation qui est la date de récolte de la parcelle.

Données météorologiques

Le modèle utilise des données météorologiques journalières pour simuler des productions et des partitions de biomasse. Ces données proviennent de stations pluviométriques et météorologiques repérées par leurs coordonnées géographiques. Celles-ci ont été vérifiées et quelques inexactitudes corrigées à partir de leurs localisations sur les images de la base de données de l’IGN (IGN, 1997). Les données manquantes sont automatiquement remplacées par une moyenne décadaire annuelle calculée sur l’ensemble des années disponibles.

La position des parcelles est utilisée pour identifier les stations géographiquement les plus proches. Le choix n’est pas limité à la distance mais prend en compte la situation géographique, afin de s’assurer que les stations retenues sont dans le même environnement climatique que la parcelle.

L’altitude de la parcelle, obtenue par relevé GPS et à partir du MNT (IGN, 1997), est alors prise en compte pour extrapoler les données météorologiques journalières (température, rayonnement et ETP) à partir d’algorithmes prenant en compte la décade (Chopart et al, 2002, 2003 a b et c).

Une interpolation de type barycentrique est appliquée à la pluviométrie journalière (Lecanu, 2001 ; Caillez, 2002). Ce travail est réalisé sur une à trois stations localisées proximales. Il est évident qu’une incertitude est introduite par ce procédé de calcul surtout en ce qui concerne la pluviométrie journalière très variable en zone montagneuse. Il en résulte forcément une incertitude sur le rendement simulé.

## Données sol

### Fertilité

Les données actuelles ne permettent pas de paramétrer les variations à l'échelle parcellaire des profils carbone et azote des sols. Nous avons cependant caractérisé les sols des parcelles de l'échantillon en identifiant leurs unités, pour compléter la base des données observées en vue d'une utilisation future.

Tableau 6 : Répartition des traitements par type de sol

Type de sol	R570	R579	Total
Andique	2	7	9
Brun	41	58	99
Ferrallitique / andique	155	177	332
Ferrallitique	9	24	33
Tous sols	207	266	473

Ce travail a été réalisé par cartographie, à partir du parcellaire et de la carte morphopédologique au 1/50 000 de l'île (Raunet, 1988). Il a nécessité quelques ajustements de position pour tenir compte de l'imprécision importante des contours au 1/50000<sup>ième</sup> par rapport à l'échelle de la parcelle (précision décimétrique).

Trois des six principaux types de sol existent dans la base (tableau 6), mais les sols andiques sont peu représentés ou représentés en association avec les sols ferrallitiques à un niveau intra-parcellaire qui ne permet pas de les identifier.

### Réserve hydrique

Les informations sol prises en compte pour la simulation sont actuellement limitées à la réserve hydrique. Celle-ci est mal connue à l'échelle de l'île. Un projet est en cours d'élaboration pour l'évaluer avec une meilleure précision. Nous avons estimé la réserve utile des parcelles échantillonnées à partir :

- ❑ Des mesures et expertises des pédologues dans le cadre des études cartographiques au 1/10000 des zones irriguées de l'Ouest (Raunet, 1988) et du sud (Raunet, 1991 a) ;
- ❑ D'une extension de ces résultats à partir de connaissance des sols et de mesures spécifiques qui ont conduit à une première cartographie de la réserve utile (P. Langellier et al., 1999).

Ceci nous a permis de cartographier la réserve utile sur les bases suivantes :

- ❑ Réduction aux sols canniers délimités en utilisant la base de données parcellaires du CTICS (2003) ;
- ❑ Transfert des données par voie cartographique, entre les polygones de la carte des RU de P. Langellier et ceux de la carte numérisée de Raunet ;
- ❑ Complémentation des données des zones non renseignées par similitude de type de sol ;

La réserve utile de chaque parcelle de l'échantillon provient de l'intersection de la couche RU avec la couche des 100 parcelles échantillonnées. La carte du parcellaire de la zone nord éditée en couverture illustre la méthode. La réserve utile estimée (tableau 7) a été paramétrée avec une réserve facilement utilisable de 50%.

Tableau 7 : Répartition des traitements par classes de réserve utile

RU (mm)	R570	R579	Total
70	14	3	17
80	162	187	349
90	2	7	9
100	10	26	36
150	19	43	62
Total	207	266	473



## Analyse

L'analyse des résultats a été faite sous SAS® avec la procédure GLM (General Linear Model). L'étude a porté sur l'effet des principales caractéristiques des traitements (cultivar, numéro de coupe, surface parcellaire, stress hydrique...) sur les écarts entre les rendements simulés et observés. Les résultats statistiques portent sur les corrélations partielles entre l'écart et les variables qualitatives et quantitatives du modèle linéaire, c'est à dire la corrélation de la variable étudiée une fois l'écart expliqué par l'ensemble des autres variables (type III sous SAS). Les interprétations graphiques et les courbes de tendances associées correspondent quant à elles aux corrélations totales, sans prendre en compte les autres facteurs.

## RESULTATS

### Rendements simulés et observés

#### Données globales

Les rendements simulés, tous traitements confondus, sont généralement supérieurs aux rendements observés. Ils varient de 64.1 à 267.1 t/ha. La moyenne est de 145.2 t/ha et l'écart type 32.6 t/ha.

Il existe une tendance à un accroissement de l'écart entre les simulations et les observations lorsque le rendement observé augmente. Le phénomène est matérialisé par une courbe de tendance d'ordre 1 (figure 1).

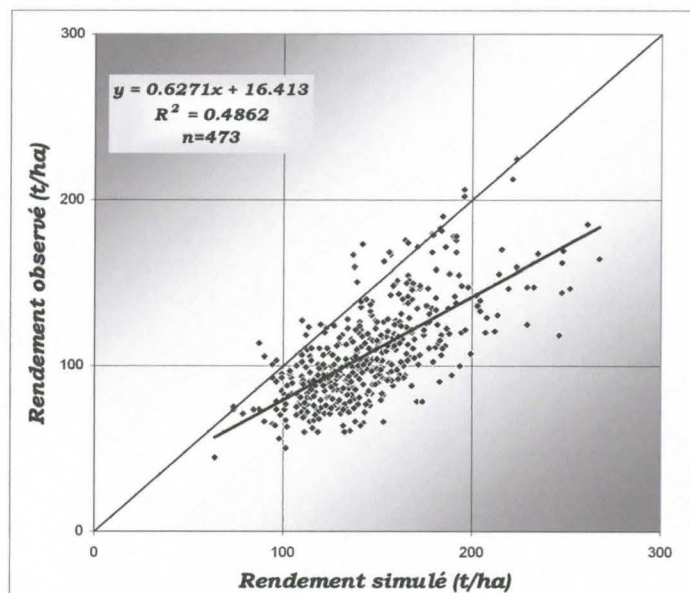


Figure 1 : Rendements observés et simulés pour l'ensemble des traitements (t/ha de canne usinable)

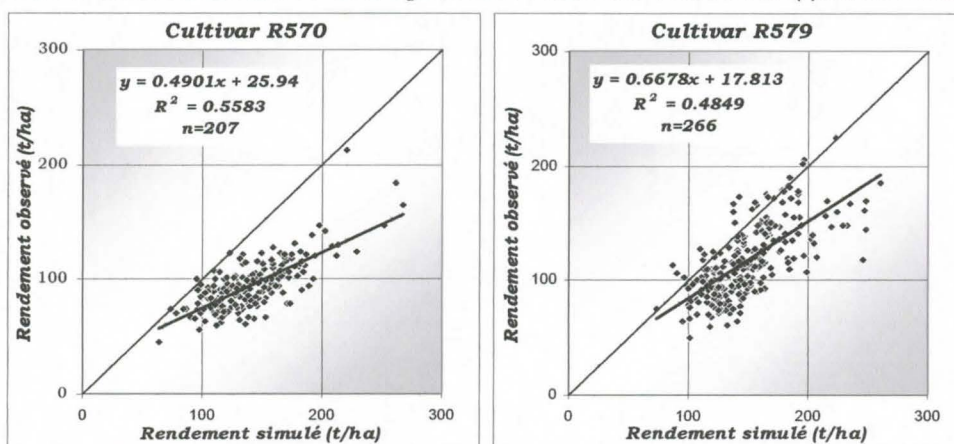


Figure 2 : Rendements observés et simulés par cultivar (t/ha de canne usinable)



Résultats par cultivar

Les résultats moyens (tableau 8) indiquent une variabilité comparable des rendements simulés pour les 2 cultivars.

Cultivar	Effectif	Rendement simulé		Rendement observé	
		Moyenne	CV %	Moyenne	CV %
R570	207	139.76	23.43	94.44	22.74
R579	266	149.43	21.37	117.61	26.04
Tout	473	145.20	22.46	107.47	27.29

Par contre, les rendements observés en R579 sont beaucoup plus variables que ceux de l'autre cultivar. La relation d'ordre un entre les rendements observés et simulés est plus étroite pour le cultivar R570 que pour le R579 (figure 2).

Gestion de l'eau

La relation entre les rendements observés et simulés est moins bonne lorsque l'on limite les traitements aux cultures pluviales (figure 3). Elle reste cependant meilleure pour le R570.

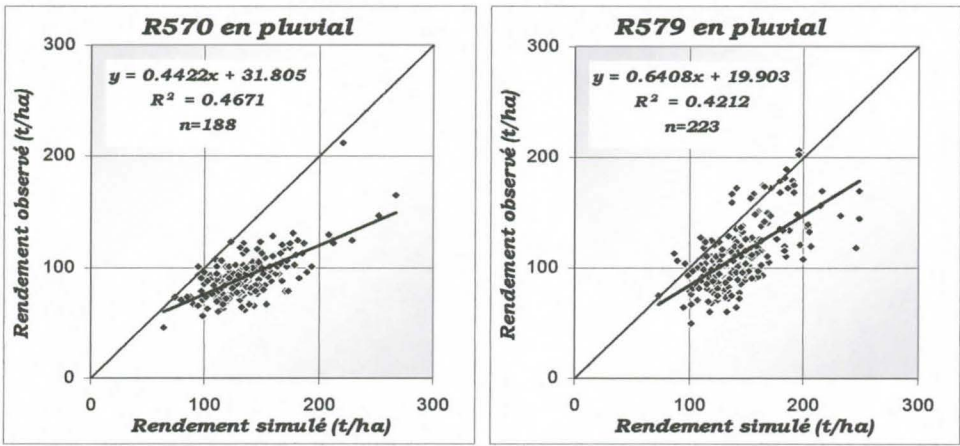


Figure 3 : Rendements observés et simulés en pluvial par cultivar (t/ha de canne usinable)

Cette différence est expliquée par un ajustement plus précis des rendements simulés aux rendements observés lorsque le modèle de croissance fonctionne sans stress hydrique (figure 4). En effet, bien que le nombre de traitement soit faible, la simulation est très bien ajustée aux observations avec le cultivar R570. L'ajustement est moins précis avec R579.

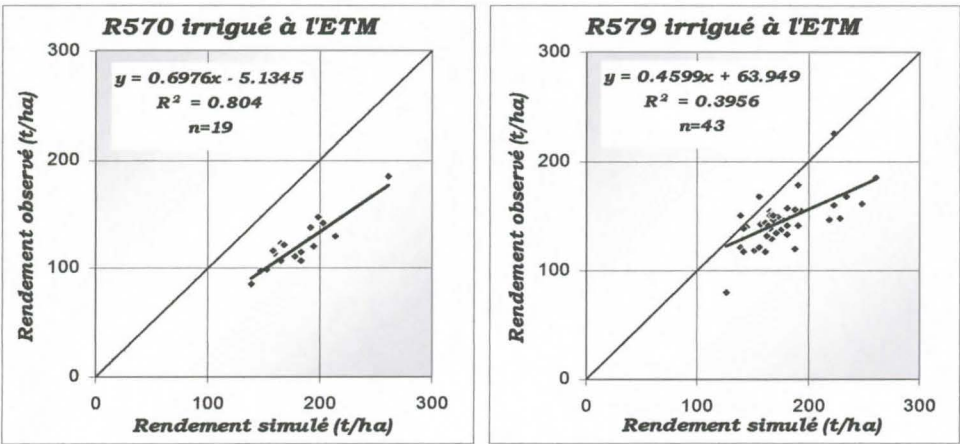


Figure 4 : Rendements observés et simulés en irrigué par cultivar (t/ha de canne usinable)

Ecart entre les valeurs simulées et observées

Le modèle expliquant l'écart entre les rendements simulés et observés est bâti avec les quatre variables qualitatives : numéro de repousse (8 modalités), année de récolte (8 modalités), type de sol (4 modalités) et exploitation (3 modalités) et avec 2 variables quantitatives : le nombre de jours de culture et l'altitude de la parcelle. Il est hautement significatif pour les deux cultivars ( $Pr>F <0.0001$ ). Les écarts moyens sont plus faibles mais plus variables et un peu moins bien corrélés pour le cultivar R579 que le R570 (tableau 9).

Tableau 9 : Ecart « simulé – observé » par cultivar

Cultivar	Observations	Moyenne	Ecart-type résiduel	R²
R570	205	45.39	14.01	0.6608
R579	265	31.88	18.14	0.5174

Effet de la durée du cycle inter récolte

La durée du cycle de production séparant deux récoltes varie globalement de 8 à 20 mois (tableau 10), avec une distribution comparable pour les deux cultivars.

Tableau 10 : Durée de cycle et de formation de tige des traitements

Cultivar	Cycle en jours				Formation de tige en jour			
	Moyenne	Ecart type	Mini	Maxi	Moyenne	Ecart type	Mini	Maxi
R570	384.9	55.0	244	652	281.9	47.9	137	527
R579	393.9	59.4	282	657	286.3	48.4	180	515
Tout	389.9	57.6	244	657	284.4	48.2	137	527

L'analyse statistique montre que l'effet de la durée du cycle est significatif pour les deux cultivars (tableau 11).

Tableau 11 : Effet du cycle sur l'écart

Cultivar	Pr>F	Signification
R570	<0.0001	HS
R579	<0.0001	HS

L'analyse graphique indique que l'écart s'accroît avec l'âge de la culture au moment de la récolte. La variation ne semble pas linéaire. L'ajustement à une courbe polynomiale du second degré (figure 5) a été testée pour les 2 cultivars, mais celui-ci n'est pas significativement non linéaire. Il apparaît que l'écart varie de manière importante sans être fortement dépendant de la durée entre 11 et 15 mois de cycle inter récolte. Au delà, l'écart tend à s'accroître rapidement lorsque le cycle augmente. Les résultats sont beaucoup moins nets graphiquement avec R579 pour lequel écart de production et durée de cycle sont paraissent moins liés, bien que l'étant en réalité lorsqu'on considère la corrélation partielle.

Effet de la durée de formation de tige

La durée de formation des tiges est une variable calculée par le modèle (tableau 8). Sa valeur dépend à la fois de la durée du cycle inter-récolte et des sommes de températures pendant la mise en place du couvert. Elle est d'autant plus faible que les températures sont basses et par voie de conséquence que l'altitude est élevée.



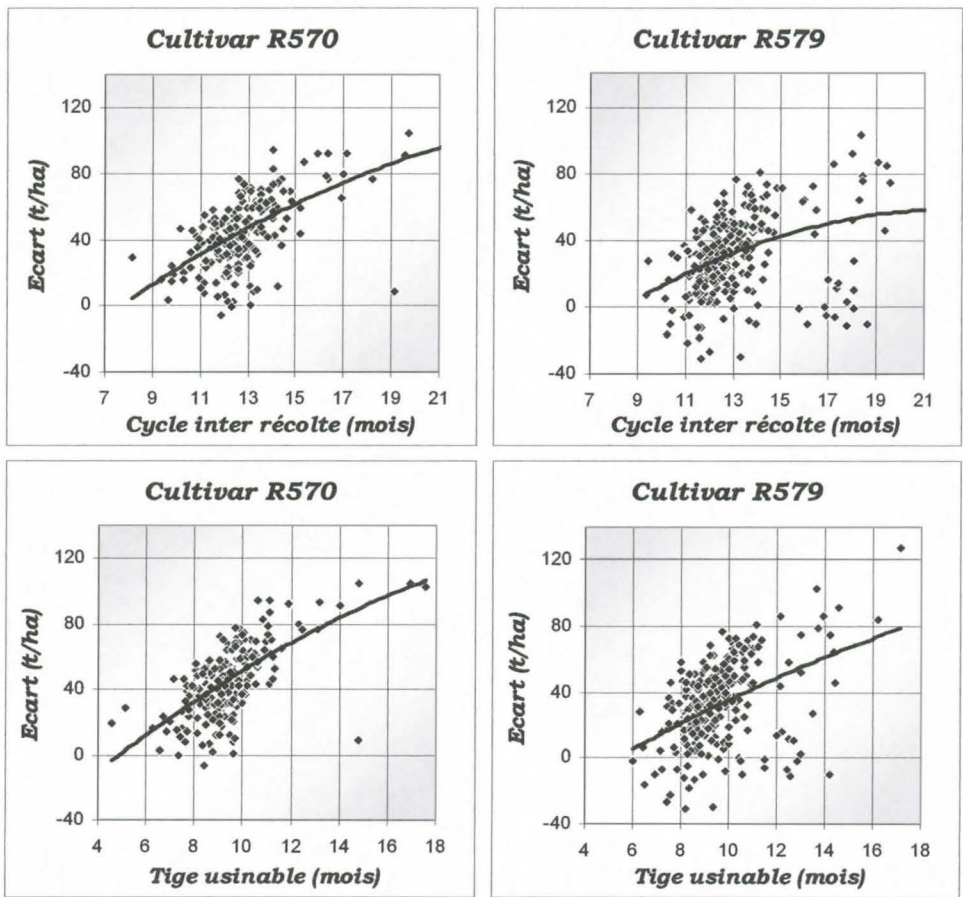


Figure 5 : Ecart de rendements en fonction du cycle et de la durée de formation des tiges.

L'évolution de l'écart entre le rendement simulé et le rendement observé semble tout à fait comparable pour les durées de formation des tiges avec celui observé pour la durée du cycle inter récolte.

**Effet de l'altitude**

L'altitude a un effet statistique sur les deux cultivars (tableau 12). Il est plus marqué pour le cultivar R570 que pour le R579.

Tableau 12 : Effet de l'altitude sur l'écart

Cultivar	Pr>F	Signification
R570	<0.0001	HS
R579	0.0057	HS

Il apparaît, pour les 2 cultivars, une corrélation partielle négative de l'altitude de la parcelle. La pente de régression étant plus importante pour R570 que pour R579.

**Effet du nombre de repousse**

Le numéro de repousse a un effet significatif sur l'écart entre les rendements simulés et observés (Tableau 13).

Tableau 13 : Effet de nombre de repousse sur l'écart

Cultivar	Pr>F	Signification
R570	0.0191	S
R579	<0.0001	HS

Cet effet dont la tendance est difficilement interprétable graphiquement (figure 6) est plus important pour le cultivar R579 que pour le R570. Le fait que les effectifs diminuent avec le nombre de repousses au delà de 5 ans ne simplifie pas l'interprétation graphique.

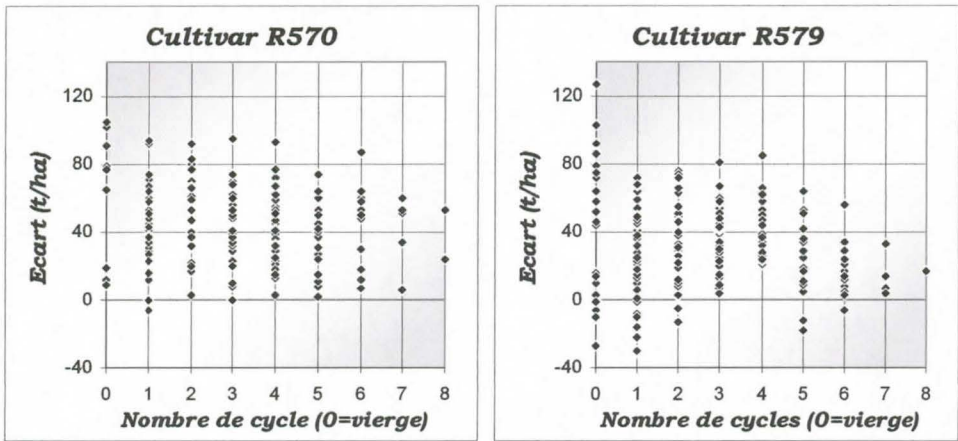


Figure 6 écart entres rendement simulé et observé en fonction du nombre de repousse

Effet du site

Le site a un effet sur l'écart entre les rendements simulés et observés (tableau 14). Cet effet est plus prononcé pour le cultivar R579 que pour le R570.

Tableau 14 : Effet du site sur l'écart

Cultivar	Pr>F	Signification
R570	0.0191	S
R579	<0.0001	HS

L'analyse de l'écart par site et par variété (tableau 15) montre que la variabilité des écarts est assez homogène. Notons toutefois qu'elle est plus basse pour le cultivar R570 sur le site S.

Tableau 15 : variabilité des écarts par site et par cultivar.

Cultivar	Exploitation	Parcelles	Moyenne	Ecart-type
R570	N1	80	48.50	21.84
	N2	107	40.60	21.99
	S	18	60.04	13.02
R579	N1	89	26.29	26.28
	N2	134	35.61	22.77
	S	42	31.84	23.77

Effet de l'année de récolte

L'année a un effet hautement significatif sur l'écart entre les rendements observés et simulés (tableau 16) pour les deux cultivars. Par contre, nous observons une interaction site année pour le seul cultivar R579.

Tableau 16 : Effet l'année sur l'écart et interaction site année

Effet	Cultivar	Pr>F	Signification
Année	R570	<0.0001	HS
	R579	<0.0001	HS
Site*Année	R570	0.1060	NS
	R579	0.0014	HS

Effet de type de sol

Le type de sol a une influence significative pour les deux cultivars (tableau 17)



Tableau 17 : Effet du type de sol sur l'écart

Cultivar	Pr>F	Signification
R570	0.0217	S
R579	0.0450	S

## DISCUSSIONS

Les rendements observés ne correspondent pas à des mesures exactes et ne sont pas de même nature d'un traitement à l'autre. En effet :

- ❑ Ils sont déclaratifs et reposent sur des pesées réalisées lors des livraisons avec une incertitude sur la provenance de la totalité du chargement. Celui-ci peut en effet être complété par des cannes provenant d'une autre parcelle pour des raisons d'économie de transport ;
- ❑ Les modalités de coupes ainsi que les cultivars influent de manière considérable sur le taux de 'non canne' des livraisons dans les conditions réunionnaises (Pouzet, 2002 ; Jaglale, 2003) ;
- ❑ Les prélèvements de boutures pour replantation sont difficile à estimer de manière exacte et correspondent à une estimation de poids au cours du cycle et non au moment de la récolte.

Les rendements simulés sont associés à des incertitudes correspondant à des écarts entre les conditions de culture réelles et celles qui sont utilisées pour la simulation :

- ❑ La récolte d'une parcelle peut s'étaler sur plusieurs semaines, notamment pour les parcelles coupées manuellement (essentiellement exploitation S). IL existe donc une incertitude sur la durée du cycle et les dates de début et de fin utilisées pour la simulation ;
- ❑ Les données météorologiques sont inexactes, du fait (1) de données manquantes et (2) des distances variables entre les parcelles et les stations météorologiques que les algorithmes d'interpolation ne peuvent corriger avec précision, notamment pour la pluviométrie.
- ❑ Les rendements simulés correspondent à des productions théoriques de canne à sucre usinables propres avec une humidité simulée pour un jour définit.
- ❑ Les rendements simulés sont élaborés sans contraintes agronomiques hors stress hydrique en pluvial.

L'écart entre les rendements simulés et observés est donc normal et la livraison de cannes avec beaucoup de biomasse résiduelle (feuilles, fouets) peut même expliquer dans certains cas que le rendement observé soit supérieur au rendement simulé. L'écart résiduel qui ne porte pas sur la nature des cannes livrées est expliqué par les contraintes agronomiques comme l'enherbement, la fertilisation, la géométrie réelle de plantation, les souches manquantes, le tassement (niveau de mécanisation et type de sol)...Il peut donc servir de base à l'élaboration d'un diagnostic agronomique.

L'analyse des facteurs influant sur l'écart entre la simulation et l'observation montre que le modèle :

- ❑ Fonctionne convenablement en condition pluviale, mais semble plus précis en l'absence de stress hydrique, bien que l'échantillonnage soit insuffisant pour une analyse fine ;
- ❑ Donne de meilleurs résultats avec le cultivar R570, pour lequel il a été calé et validé que sur le R579 ;
- ❑ S'écarte de l'observation lorsque le rendement augmente, au delà de 14 ou 15 mois de cycle, longueur pour laquelle il n'a d'ailleurs pas été calé.
- ❑ S'écarte également des observations lorsque le nombre de repousses augmente
- ❑ Donne des résultats qui ne sont pas parfaitement calés lorsque l'altitude varie ;

- ❑ Donne des écarts qui varient en fonction du site de simulation.
- ❑ N'est pas sensible à l'année de récolte tant que l'on reste dans le domaine de validation (R570).
- ❑ La sensibilité du modèle au type de sol est peu probablement lié à des problèmes de fertilité compte tenu de l'excellence des sites étudiés dans ce domaine. Elle est plus probablement expliquée par les problèmes de tassement qui affecte beaucoup plus les sols à tendance ferrallitique que les autres. Un problème de réserve utile pourrait être aussi invoqué en relation directe avec la contrainte précédente.

Les effets du site devront être précisés par une analyse plus fine, ils relèvent cependant d'une logique agronomique, dans la mesure où les modalités de récolte qui influent sur le taux de non canne livrée diffèrent d'un site à l'autre.

Le modèle donne un bon aperçu des potentialités dans son domaine de validation, c'est à dire pour le cultivar R570, avec ou sans stress hydrique et sur une période de culture n'excédant pas 14 ou 15 mois.

Les effets constatés de la longueur du cycle au delà de 15 mois ainsi que de l'altitude ne relèvent pas a priori d'un problème de calage du modèle, mais beaucoup plus vraisemblablement de problématiques agronomiques. En effet, la variabilité de rendement observé ne peu que s'accroître avec la durée de culture et l'effet de stress thermique lié à l'altitude qui amplifie les conséquences de toute imperfection dans la réalisation de l'itinéraire technique.

En conclusion, le modèle de simulation peut être utilisé dans sa plage de validation pour servir d'aide au diagnostic agronomique. Il est nécessaire de le caler pour les cultivars autre que le R570 et qui permette de mieux prendre en compte le numéro de cycle.



## BIBLIOGRAPHIE

- Caillez, S., 2002. MapCanne : un outil d'analyse cartographique et de gestion des données du simulateur Simulex. CIRAD CA, programme canne à sucre, Saint Denis de La Réunion, 42 p.
- Chopart J.L. Mézino M., Le Mézo L. 2002. Relations entre l'altitude et la température mensuelle de l'air dans l'Ouest de la Réunion. Comm. 10ème congrès Int. STASM, MSRI, Ile Maurice.
- Chopart J.L., Mézino M., Nativel R. 2003 a. Fluctuation saisonnière de l'évapotranspiration (ET0 Penman-Monteith) en fonction de l'altitude dans l'Ouest et le Sud de l'île de la Réunion. Application à une modélisation empirique de l'ET0. Note scient. CIRAD CA, Réunion, juin., 16p. + 2p. annexes
- Chopart J.L., Mézino M., Nativel R. 2003 b. Fluctuation saisonnière de l'évapotranspiration (ET0 Penman-Monteith) dans le Nord, l'Est et le Sud-Est de l'île de la Réunion. Influence de l'altitude et comparaison avec l' Ouest et le Sud. Note scient. CIRAD CA, Réunion, juillet., 19p.+2 p. annexes
- Chopart J.L., Mézino M., Nativel R. 2003 c. Fluctuation saisonnière du rayonnement global en fonction de l'altitude dans l'Ouest et le Sud de l'île de la Réunion. Influence de l'altitude. Note scient. CIRAD CA, Réunion, août., 12p.+ 1 p. annexe
- DAF, 2002. Base de données parcellaires au 1/5000. Ile de La Réunion.
- IGN, 1997. Modèle numérique de terrain, Base de Données Topographiques de l'île de la Réunion. Institut Géographique Nationale.
- Jaglale, V., Décembre 2003. Estimation des résidus de récolte de la canne à sucre à La Réunion. Rapport de stage d'assistant ingénieur, ISA, CIRAD. CIRAD CA, Pôle canne à sucre, Saint Denis de La Réunion, 33 p.
- Langellier-Bellevue, P., Clopes, A., Maraoux, F. 1999. Régionalisation des potentiels de production de la canne à sucre à La Réunion. Agriculture et développement, N° 24. pp 81-89.
- Lecanu, G., 2001. Création d'une application S.I.G de simulation de croissance de la canne à sucre sur l'île de La Réunion. CIRAD CA programme canne à sucre. Saint Denis de La Réunion, 62 p.
- Martiné, J-F., Mars 2003. Modélisation de la production potentielle de la canne à sucre en zone tropicale, sous conditions thermiques et hydriques contrastées. Applications du modèle. Thèse de doctorat. INA-PG. 131 p.
- Pouzet, D., Velle, A., Rassaby, A., Février 2002. Estimation des résidus de récolte de la canne à sucre. Bilan des études menées au cours des campagnes sucrières 2000 et 2001 sur l'île de La Réunion. CIRAD CA, Pôle canne à sucre, Saint Denis de La Réunion, 14 p.
- Raunet, M., 1988. Carte morphopédologique au 1/50.000 de l'île de La Réunion. CIRAD-IRAT, Département de La Réunion. 4 feuilles.
- Raunet, M., 1989, Littoral Ouest, Rivière des galets à Ravine du Cap, Carte morphopédologique, Aptitudes à l'irrigation 1/10 000, 5 feuilles, CIRAD-IRAT, Département de La Réunion, Conseil général.

Raunet, M., 1991 a, Périmètres du Bras de Cilaos et du Bras de La Plaine, Carte morpho-pédologique, Aptitudes à l'irrigation 1/10 000, 6 feuilles, CIRAD-IRAT, Département de La Réunion, Conseil général,

Raunet, M., 1991 b. Le milieu physique et les sols de l'Ile de la Réunion. Conséquences pour la mise en valeur agricole. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement. 438 p.